

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-312513

(43)Date of publication of application : 24.11.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 09-118349

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 08.05.1997

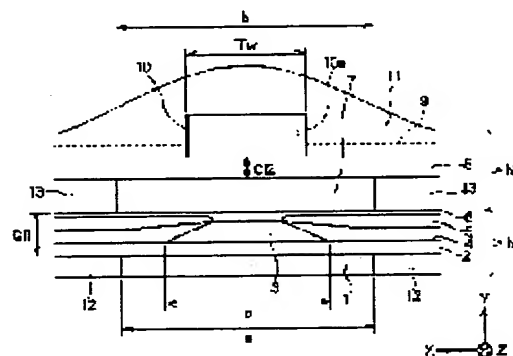
(72)Inventor : WATANABE TOSHINORI  
SAITO MASAJI

## (54) THIN FILM MAGNETIC HEAD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a thin film magnetic head which has eliminated hysteresis effect, reduced coercive force, assures good magnetic reversibility of a shield layer and improved reliability of output signal, by forming hard films of permanent magnet material in both sides of a lower shield layer and an upper shield layer, and then forming single magnetic domain on the lower shield layer and upper shield layer.

**SOLUTION:** Hard films 12, 13 of permanent magnet material are formed in both sides of shield layers 1, 7, thereby setting the magnetization of shield layers 1, 7 in the same direction of easy magnetization axis (X direction) to form single magnetic domain. Therefore, anisotropic dispersion is never generated in the shield layers 1, 7, hysteresis of the thin film magnetic head as a whole is eliminated, coercive force is reduced to a large extent, and good magnetic reversibility in the direction perpendicular to the paper surface of the shield layers 1, 7 can be assured. Therefore, the reliability of reproduced output signal of the magnetoresistive element layer 3 can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3188212

[Date of registration] 11.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] The magneto-resistive effect component layer formed through the lower gap layer on the lower shielding layer, The hard bias layer which gives a bias field to this magneto-resistive effect component layer, In the thin film magnetic head which has the main-electrode layer which gives a detection current to said magneto-resistive effect component layer, and the up shielding layer formed through the up gap layer on said main-electrode layer The thin film magnetic head characterized by forming the hard film made from a permanent magnet in the both sides of one [ at least ] shielding layer.

[Claim 2] The magneto-resistive effect component layer formed through the lower gap layer on the lower shielding layer, The hard bias layer which gives a bias field to this magneto-resistive effect component layer, It was formed through the up gap layer on the main-electrode layer which gives a detection current to said magneto-resistive effect component layer, and said main-electrode layer, and reads. The up shielding function of a head, The up shielding layer which has the leading side core function of an inductive head, The up core layer which counters through said up shielding layer and magnetic gap in the opposite section with a record medium, the thin film magnetic head which has the coil layer which gives a field to said up shielding layer and an up core layer -- the thin film magnetic head characterized by being and forming the hard film made from a permanent magnet ingredient in the both sides of one [ at least ] shielding layer.

[Claim 3] The thin film magnetic head according to claim 1 or 2 with which it is satisfied of the relation it is unrelated  $M_s$  and  $(L_1, L_2) \leq M_r - L_3$  when thickness of  $M_r$  and said hard film is set [ the saturation magnetization of said lower shielding layer and an up shielding layer / the thickness of  $M_s$  and a lower shielding layer / the thickness of  $L_1$  and an up shielding layer ] to  $L_3$  for the residual magnetization of  $L_2$  and the hard film.

[Claim 4] Claim 1 whose coercive force  $H_c$  of said hard film is more than 500Oe (oersted) thru/or the thin film magnetic head according to claim 3.

[Claim 5]  $T_w < (a, b) \leq 5c$  When the width method of  $c$  and an up core layer is set [ the width method of a lower shielding layer / the width method of  $a$  and an up shielding layer ] to  $T_w$  for the width method of  $b$  and a magneto-resistive effect component layer, said width methods  $a$  and  $b$  are the thin film magnetic head according to claim 1 to 4 with which are satisfied of unrelated relation.

[Claim 6] The magneto-resistive effect component layer formed through the lower gap layer on the lower shielding layer, The hard bias layer which gives a bias field to this magneto-resistive effect component layer, It was formed through the up gap layer on the main-electrode layer which gives a detection current to said magneto-resistive effect component layer, and said main-electrode layer, and reads. The up shielding function of a head, The up shielding layer which has the leading side core function of an inductive head, The up core layer which counters through said up shielding layer and magnetic gap in the opposite section with a record medium, It is. the thin film magnetic head which has the coil layer which gives a field to said up shielding layer and an up core layer -- in the bottom of said lower shielding layer, or a top The thin film magnetic head characterized by vacating the fixed spacing

T1 and an antiferromagnetism layer being formed, and vacating the fixed spacing T2 and forming the antiferromagnetism layer in the bottom of said up shielding layer, or a top further.

[Claim 7] Said antiferromagnetism layer is the thin film magnetic head according to claim 5 currently formed with one antiferromagnetism ingredient of a Pt-Mn (platinum-manganese) system alloy, a Rh-Mn (rhodium-manganese) system alloy, and an Ir-Mn (iridium-manganese) system alloy.

[Claim 8]  $T_w < (T_1, T_2) \leq 5c$  The fixed spacing T1 and T2 vacated between said antiferromagnetism layers when the width method of c and an up core layer was set to Tw for the width method of a magneto-resistive effect component layer is the thin film magnetic head according to claim 5 or 6 with which are satisfied of unrelated relation.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to MR / inductive head compound-die thin film magnetic head carried [ hard disk drive unit ], especially single-domain-izes magnetization of a shielding layer, and relates to the thin film magnetic head which raised the reproducing characteristics of an MR head.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 4 is the expanded sectional view having shown the conventional thin film magnetic head from the opposite side of a record medium. This thin film magnetic head has the composition of having used the magneto-resistive effect for the trailing side edge side of the slider which constitutes for example, a surfacing type head and that read and the laminating of a head h1 and the inductive head h2 for writing was carried out. The lower shielding layer 1 used as the layer of the bottom of the thin film magnetic head shown in drawing is formed of soft magnetic materials, such as Sendust and a nickel-Fe system alloy (permalloy). In addition, generally the permalloy is known as soft magnetic materials with uniaxial anisotropy as soft magnetic materials with isotropic Sendust.

[0003] On the lower shielding layer 1, the lower gap layer 2 by non-magnetic materials, such as aluminum 2O3 (alumina), is formed. And the magneto-resistive effect component layer 3 is formed on said lower gap layer 2. Said magneto-resistive effect component layer 3 consists of three layers, and the laminating is carried out to the order of a soft magnetism layer (SAL layer), a non-magnetic layer (SHUNT layer), and a magneto-resistive effect layer (MR layer) from the bottom. Usually, said magneto-resistive effect layer is a layer of a nickel-Fe system alloy (permalloy), said non-magnetic layer is a layer of Ta (tantalum), and said soft magnetism layer is formed with the nickel-Fe-Nb system alloy. The hard bias layer 4 is formed in the both sides of said magneto-resistive effect component layer 3 as a vertical bias layer. The vertical bias field in the hard bias layer 4 is turned for example, in the direction of X, and MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 is arranged in the direction of illustration X, and is in the condition of having been single-domain-ized.

[0004] Moreover, the main-electrode layer 5 of a nonmagnetic conductivity ingredient with small electric resistance, such as Cu (copper) and W (tungsten), is formed on said hard bias layer 4. Furthermore on it, the up gap layer 6 by non-magnetic materials, such as an alumina, is formed. On said up gap layer 6, the up shielding layer (lower core layer) 7 is formed of plating of a permalloy etc. Besides, the section shielding layer 7 is a thing combining and [ of an inductive head h2 / leading side core ], and the up shielding function of the read-out head h1. Moreover, gap length G11 is determined by spacing of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 with the read-out head h1.

[0005] On said up shielding layer 7, the laminating of the insulating layer (not shown) formed with the gap layer (non-magnetic material layer) 8, the polyimide, or the resist ingredient by an alumina etc. is carried out, and the coil layer 9 by which pattern formation was carried out so that it might become spiral is formed on said insulating layer. Said coil layer 9 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with small electric resistance, such as Cu (copper). And said coil layer 9 is surrounded by the insulating layer (not shown) formed with polyimide or a resist ingredient, and plating

formation of the up core layer 10 formed with magnetic materials, such as a permalloy, on said insulating layer is carried out. In addition, said up core layer 10 is functioning on the record medium as the trailing side core section of the inductive head h2 which gives a record field.

[0006] As shown in drawing, said up core layer 10 is the opposite side of a record medium, and counters through said gap layer 8 on the up shielding layer lower core layer 7, and the magnetic gap of the magnetic gap length G12 who gives a record field to a record medium is formed. And the protective layers 11, such as an alumina, are formed on said up core layer 10. With the read-out head h1, the resistance of MR layer of said magneto-resistive effect component layer 3 changes with the external magnetic fields (it is perpendicularly to space) of a record medium. With the read-out head h1, this resistance value change was used and the signal of a record medium is read.

[0007] By the way, the shielding layers 1 and 7 are formed in the upper and lower sides of MR layer, the Barkhausen noise by change of the irregular magnetic domain of these shielding layers 1 and 7 gets across to MR layer by the interaction, and it has a bad influence on the output signal of MR layer. In order to raise the dependability of the output signal of said MR layer, it is necessary to reduce the external noise which flows into MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3. For that purpose, the magnetization direction of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 is arranged in the direction of an easy axis (the direction of X), and is single-domain-ized, and it is thought that it is necessary to make good flux reversal (magnetic reversibility) of said shielding layers 1 and 7.

[0008] As the control approach of the magnetization direction of said shielding layers 1 and 7, in the former When the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 are formed like a permalloy or Co (cobalt) system amorphous alloy by the soft magnetic materials which can give uniaxial anisotropy Membrane formation, annealing treatment, etc. were performed all over the magnetic field, or it was magnetized so that the direction of X might become in the direction of an easy axis after membrane formation and annealing treatment, so that the direction of an easy axis of said lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 might be turned in the direction of X shown in drawing 4.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, even if membrane formation, annealing treatment, etc. are performed all over a magnetic field, magnetization of said lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 does not gather in the direction of an easy axis (the direction of X) completely. That is, the ensemble of the magnetic moment who leans in the direction which shifted a little rather than the average direction of an easy axis exists in the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 partly. Namely, it is in the condition (anisotropy distribution) that the magnetic anisotropy distributed microscopically.

[0010] If anisotropy distribution has occurred in the shielding layers 1 and 7, the hysteresis of the whole thin film magnetic head will swell, and coercive force will become large. For this reason, the magnetic reversibility of the shielding layers 1 and 7 in difficult shaft orientations (illustration perpendicular direction) not only gets worse, but the Barkhausen noise which gets across to MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 which demonstrates a magneto-resistive effect increases, and the dependability of an output signal falls remarkably about the reproducing characteristics especially in a RF field. Moreover, the problem that the shielding function of shielding layer original to intercept the record noise of a record medium from MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 falls because the magnetic reversibility of the shielding layers 1 and 7 gets worse is also produced.

[0011] The thin film magnetic head which drawing 5 is the conventional example which improved the structure of the read-out head h1 of the thin film magnetic head shown in drawing 4, and is shown in drawing 5 is the partial expanded sectional view shown from the opposite side of a record medium. As shown in drawing, the antiferromagnetism layer 20 made from a nickel-Mn (nickel-manganese) alloy is formed in the upper [ of the lower shielding layer 1 formed by soft magnetic materials, such as Co (cobalt) and a permalloy, / whole ]. if the lower shielding layer 1 and the antiferromagnetism layer 20 touch and are formed, the direction of illustration X will become in the direction of an easy axis by the exchange anisotropy field according [ said lower shielding layer 1 ] to the switched connection in an interface with said antiferromagnetism layer 20 -- as -- a single domain -- it is-izing and fixed.

[0012] similarly, the antiferromagnetism layer 21 is formed also in the bottom of the up shielding layer 7, and, as for magnetization of said up shielding layer 7, the direction of illustration X turns into the direction of an easy axis by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer 21 -- as -- a single domain -- it is-izing and fixed. thus, the direction of illustration X serves as [ magnetization of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 ] an easy axis by the exchange anisotropy field with the antiferromagnetism layers 20 and 21 -- as -- a single domain -- being-izing, and, if fixed It is thought that anisotropy distribution does not occur in said shielding layers 1 and 7, therefore the coercive force in the difficult shaft orientations (it is perpendicularly to space) of the whole thin film magnetic head becomes small, and the magnetic reversibility of the shielding layers 1 and 7 becomes good. Consequently, the output of MR layer of the magneto-resistive effect component 3 does not have Barkhausen noise.

[0013] however, with the structure shown in drawing 5 , the direction of illustration X serves as [ the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 ] an easy axis by the exchange-anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layers 20 and 21 -- as -- a single domain -- will be-izing, and it will be fixed, therefore the soft-magnetism property of the difficult shaft orientations (illustration perpendicular direction) in said lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 will worsen, and the permeability in the difficult shaft orientations of said shielding layers 1 and 7 will fall. The shielding function of the shielding layers 1 and 7 falls by decline in permeability, therefore MR layer's becoming easy to draw a record noise and reproducing characteristics get worse.

[0014] Moreover, in order to raise the resolution of the leak field from a record medium, the lower gap layer 2 and the up gap layer 6 are formed preferably [ a short thing ] for this reason by the gap length  $G_{11}$  determined at spacing of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 as thinly as possible. However, with the structure shown in drawing 5 , since the antiferromagnetism layer 20 is formed on the lower shielding layer 1 and the antiferromagnetism layer 21 is formed in the bottom of the up shielding layer 7, said gap length  $G_{11}$  becomes thick by the thickness of said antiferromagnetism layers 20 and 21, and also has the trouble that narrow gap-ization cannot be attained.

[0015] By this invention's being for solving the above-mentioned conventional technical problem, forming the hard film made from a permanent magnet ingredient in the both sides of a lower shielding layer and an up shielding layer, and single-domain-izing said lower shielding layer and an up shielding layer A hysteresis is abolished, coercive force is made small, the magnetic reversibility of the shielding layer in a perpendicular direction is made good to a record medium, and it aims at offering the thin film magnetic head which raised the dependability of the output signal of a magneto-resistive effect component layer.

[0016] moreover, by vacate fixed spacing for lower core layer and up core layer the bottom or the bottom, and form an antiferromagnetism layer, said shielding layer in a reading truck field be single domain-ize, and this invention come to show a good soft magnetism property, can maintain the permeability of a shielding layer highly, and aim at offer the thin film magnetic head which raised the dependability of the regenerative signal of a magneto-resistive effect component layer.

[0017]

[Means for Solving the Problem] The magneto-resistive effect component layer by which this invention was formed through the lower gap layer on the lower shielding layer, The hard bias layer which gives a bias field to this magneto-resistive effect component layer, In the thin film magnetic head which has the main-electrode layer which gives a detection current to said magneto-resistive effect component layer, and the up shielding layer formed through the up gap layer on said main-electrode layer It is characterized by forming the hard film made from a permanent magnet at the both sides of one [ at least ] shielding layer.

[0018] Or the magneto-resistive effect component layer by which this invention was formed through the lower gap layer on the lower shielding layer, The hard bias layer which gives a bias field to this magneto-resistive effect component layer, It was formed through the up gap layer on the main-electrode layer which gives a detection current to said magneto-resistive effect component layer, and said main-electrode layer, and reads. The up shielding function of a head, The up shielding layer which has the

leading side core function of an inductive head, The up core layer which counters through said up shielding layer and magnetic gap in the opposite section with a record medium, the thin film magnetic head which has the coil layer which gives a field to said up shielding layer and an up core layer -- it is and is characterized by forming the hard film made from a permanent magnet ingredient at the both sides of said lower shielding layer and an up shielding layer.

[0019] It is desirable that it is satisfied with this invention of the relation it is unrelated  $M_s$  and  $(L_1, L_2) \leq M_r - L_3$  when thickness of  $M_r$  and said hard film is set [ the saturation magnetization of a lower shielding layer and an up shielding layer / the thickness of  $M_s$  and a lower shielding layer / the thickness of  $L_1$  and an up shielding layer ] to  $L_3$  for the residual magnetization of  $L_2$  and the hard film.

[0020] By satisfying such relation, magnetization of a lower shielding layer and an up shielding layer is easily arranged in the direction of an easy axis by the residual magnetization  $M_r$  of the hard film; and is single-domain-ized.

[0021] Moreover, it is desirable that the coercive force  $H_c$  of said hard film is more than 500Oe (oersted).

[0022] Furthermore, when the width method of  $c$  and an up core layer is set [ the width method of a lower shielding layer / the width method of  $a$  and an up shielding layer ] to  $T_w$  for the width method of and a magneto-resistive effect component layer, as for said width methods  $a$  and  $b$ , it is desirable to satisfy relation  $T_w < (a, b) \leq 5c$  Unrelated.

[0023] the width method  $a$  of a lower shielding layer and the width method  $b$  of an up shielding layer are short -- elapsing (it becoming smaller than the width of recording track  $T_w$ ) -- the distance of the hard film and a magneto-resistive effect component layer becomes short, and there is a possibility that the leak field from said hard film may exert a magnetic interference on a magneto-resistive effect component layer. Moreover, if the width methods  $a$  and  $b$  are too long (it becomes more than  $5c$ ), all magnetization (magnetic moment) of a lower shielding layer and an up shielding layer cannot be easily single-domain-ized by the leak field (residual magnetization) from the hard film, and anisotropy distribution may occur.

[0024] Moreover, the magneto-resistive effect component layer by which this invention was formed through the lower gap layer on the lower shielding layer, The hard bias layer which gives a bias field to this magneto-resistive effect component layer, It was formed through the up gap layer on the main-electrode layer which gives a detection current to said magneto-resistive effect component layer, and said main-electrode layer, and reads. The up shielding function of a head, The up shielding layer which has the leading side core function of an inductive head, The up core layer which counters through said up shielding layer and magnetic gap in the opposite section with a record medium, It is. the thin film magnetic head which has the coil layer which gives a field to said up shielding layer and an up core layer -- in the bottom of said lower shielding layer, or a top The fixed spacing  $T_1$  is vacated, an antiferromagnetism layer is formed, and it is further characterized by vacating the fixed spacing  $T_2$  and forming the antiferromagnetism layer under said up shielding layer or in a top.

[0025] As for said antiferromagnetism film, it is desirable to be formed with one antiferromagnetism ingredient of a Pt-Mn (platinum-manganese) system alloy, a Rh-Mn (rhodium-manganese) system alloy, and an Ir-Mn (iridium-manganese) system alloy.

[0026] Among these antiferromagnetism ingredients, whichever it puts [ of a shielding layer top and the bottom ] a Pt-Mn system alloy and a Pd-Mn system alloy, they can demonstrate an effective exchange anisotropy field by the interface with said shielding layer. Moreover, an Ir-Mn system alloy can demonstrate switched connection in an interface with a shielding layer, when it piles up on a shielding layer. Moreover, when the width method of  $c$  and an up core layer is set to  $T_w$  for the width method of a magneto-resistive effect component layer, as for the fixed spacing  $T_1$  and  $T_2$  vacated between said antiferromagnetism layers, it is desirable to satisfy relation  $T_w < (T_1, T_2) \leq 5c$  Unrelated.

[0027] If the fixed spacing  $T_1$  and  $T_2$  vacated between antiferromagnetism layers is too short (i.e., if the width of face (= spacing  $T_1$  and  $T_2$ ) of the shielding layer of the part which does not touch said antiferromagnetism layer becomes short too much) (shorter than the width of recording track  $T_w$ ) The distance of the shielding layer (ferromagnetic layer) and magneto-resistive effect component layer which



were fixed by the antiferromagnetism layer becomes short, and the leak field from the shielding layer (ferromagnetic layer) fixed by the antiferromagnetism layer becomes easy to exert a magnetic interference on a magneto-resistive effect component layer. moreover, a shielding layer -- the exchange anisotropy field in an interface with an antiferromagnetism layer -- a single domain -- are-izing and the problem that it will be fixed is also produced. Moreover, if the fixed spacing T1 and T2 is too (it becomes more than 5c) long, that is, the width of face (= spacing T1 and T2) of the shielding layer of the part which does not touch said antiferromagnetism layer becomes long too much, in the exchange anisotropy field generated in an interface with an antiferromagnetism layer, said shielding layer will become [ single-domain-] hard to be fixed completely.

[0028] In this invention, the hard film made from a permanent magnet is formed in the both sides of a shielding layer, and magnetization of said shielding layer is arranged in the direction of an easy axis by the leak field (residual magnetization) from said hard film. For this reason, anisotropy distribution stops occurring in said shielding layer therefore, the hysteresis of the whole thin film magnetic head is lost, and coercive force becomes very small.

[0029] When coercive force becomes small, the magnetic reversibility in the direction of a hard axis of a shielding layer (it is perpendicularly to a record medium) becomes good, and the dependability of the playback output signal of a magneto-resistive effect component layer improves.

[0030] Or in this invention, fixed spacing is vacated and an antiferromagnetism layer is formed on a shielding layer or in the bottom. Although the antiferromagnetism layers 20 and 21 were formed in the whole bottom of the up shielding layer 7 the lower shielding layer 1 top in the former as shown in drawing 5, with such structure, magnetization of said whole shielding layer will be fixed for a shielding layer by the exchange anisotropy field in an interface with an antiferromagnetism layer, and there was a trouble that the soft magnetism property of a shielding layer got worse.

[0031] In this invention, as the structure of the thin film magnetic head shown in drawing 5 is improved, for example, it is shown in drawing 2, the antiferromagnetism layers 14 and 15 vacate the fixed spacing T1 and T2, and are formed. By considering as such structure, only the shielding layer 1 and the shielding layers 1 and 7 of the part which magnetization of the 7 whole is not fixed by the exchange anisotropy field, and contacts the antiferromagnetism layers 14 and 15 will be fixed by the exchange anisotropy field. The shielding layers 1 and 7 of the part which is not being fixed by the exchange anisotropy field become what has the soft magnetism property of extent which can carry out flux reversal by the record field from a record medium since it is not in contact with an antiferromagnetism layer, although a switched connection field is fixed and it is single-domain-ized by the field from the shielding layers 1 and 7 single-domain-ized, and magnetization of the shielding layer 1 and the 7 whole is not firmly fixed like before.

[0032] For this reason, the magnetic reversibility of the shielding layers 1 and 7 of the part which does not touch an antiferromagnetism layer becomes good, the permeability of said shielding layers 1 and 7 becomes high, and its dependability of the playback output signal of a magneto-resistive effect component layer improves.

[0033]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the enlarged section which shows the thin film magnetic head of the 1st operation gestalt of this invention, and was shown from the opposite side of a record medium. In addition, the migration direction of magnetic-recording media, such as a hard disk, is the direction of Y, and the direction of the leak field from a magnetic-recording medium is a Z direction. The thin film magnetic head shown in drawing 1 was formed in the trailing side edge side of the slider which constitutes a surfacing type head, and the read-out head h1 and the inductive head h2 for record had carried out the laminating.

[0034] The read-out head h1 detects the leak field from record media, such as a hard disk, using a magneto-resistive effect, and reads a record signal. The lower shielding layer 1 made from soft magnetic materials is formed in the trailing side edge side of a slider by the width method a. Said lower shielding layer 1 is formed of isotropic soft magnetic materials like the soft magnetism material which has uniaxial anisotropy like a permalloy or Co (cobalt) system amorphous alloy, and Sendust.

[0035] The hard film 12 and 12 is formed in the both sides of said lower shielding layer 1. These hard film 12 and 12 is formed with permanent magnet ingredients (hard magnetic material), such as for example, a Co-Pt (cobalt-platinum) system alloy, a Co-Pd-Cr (cobalt-palladium-cobalt) system alloy, and a Co-Cr-Ta (cobalt chrome-tantalum) system alloy. Said hard film 12 and 12 is magnetized in the direction of X, and thereby, the lower shielding layer 1 is single-domain-ized so that the direction of X may become in the direction of an easy axis.

[0036] On said lower shielding layer 1 and the hard film 12 and 12, the lower gap layer 2 formed of non-magnetic materials, such as aluminum 2O3 (alumina), is formed. On the lower gap layer 2, the magneto-resistive effect component layer 3 is formed by the width method c. The magneto-resistive effect component layer 3 is a SAL layer are 3 layer structures and according to the soft magnetic materials (a Co-Zr-Mo system alloy or nickel-Fe-Nb system alloy) from the bottom, and a SHUNT layer made from a non-magnetic material (for example, formed of MR layer (Fe-nickel system alloy) which has Ta (tantalum) and a magneto-resistive effect.). The hard bias layer 4 which gives a bias field to MR layer, and the main outgoing-call electrode layer 5 (W (tungsten) or Cu (copper)) which gives a detection current to MR layer are formed in the both sides of the magneto-resistive effect component layer 3.

[0037] Said hard bias layer 4 is magnetized in the direction of X, and, thereby, MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 is single-domain-ized in the direction of X. Furthermore, on said magneto-resistive effect component layer 3 and the main-electrode layer 5, the up gap layer 6 by an alumina etc. is formed. On said up gap layer 6, the up shielding layer (lower core layer) 7 combining and [ of the read-out head h1 / up shielding ] and the leading side core function of an inductive head h2 is formed. As shown in drawing, said up shielding layer 7 is formed by the width method b comparable as the lower shielding layer 1 mentioned above.

[0038] The hard film 13 and 13 is formed in the both sides of said up shielding layer 7. These hard film 13 and 13 is formed with the permanent magnet ingredient like the hard film 12 and 12 currently formed in the both sides of the lower shielding layer 1. Said hard film 13 and 13 is magnetized in the direction of X, and thereby, magnetization of said up shielding layer 7 is single-domain-ized so that the direction of X may turn into the direction of an easy axis.

[0039] Here, when the thickness  $7L2$  of  $L1$  and an up shielding layer and residual magnetization of the hard film 12 and 13 are set [ the saturation magnetization of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 ] to  $M_r$ , the thickness  $12$  of said hard film, and  $13L3$  for the thickness of  $M_s$  and the lower shielding layer 1, it is desirable to fill the relation it is unrelated  $M_s$  and  $(L1, L2) \leq M_r - L3$ . By filling such relation, magnetization of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 is considered to be easily single-domain-ized by the residual magnetization of the hard film 12 and 13.

[0040] Moreover, as for the coercive force  $H_c$  of the hard film 12 and 13, it is desirable that they are more than  $500Oe(s)$  (oersted). It is because the magnetization direction is held at stability, without the magnetization direction (the direction of illustration X) of said hard film 12 and 13 changing with external magnetic fields etc. by making coercive force high for the hard film 12 and 13. Furthermore, when the width method of point 10a of the up core layer 10 mentioned later is set to  $T_w$  (width of recording track), as for the relation between the width method a of the lower shielding layer 1 and the width method b of the up shielding layer 7, the width method c of the magneto-resistive effect component layer 3, and said width of recording track  $T_w$ , it is desirable that it is  $T_w < (a, b) \leq 5c$ .

[0041] If the width methods a and b of the shielding layers 1 and 7 are too short (it becomes shorter than the width of recording track  $T_w$ ), the distance of the hard film 12 and 13 and the magneto-resistive effect component layer 3 may become short too much, it may leak from said hard film 12 and 13, and a field may exert a magnetic interference on the magneto-resistive effect component layer 3. Moreover, if the width methods a and b are too long (it becomes more than  $5c$ ), the shielding layers 1 and 7 cannot be completely single-domain-ized easily by the leak field (residual magnetization) from the hard film 12 and 13, and anisotropy distribution may occur in the shielding layers 1 and 7. If anisotropy distribution occurs, coercive force will become large and the magnetic reversibility of MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 and the shielding layers 1 and 7 will get worse.

[0042] Next, as shown in drawing 1, on the up shielding layer (lower core layer) 7 and the hard film 13

and 13, the gap layer (non-magnetic material layer) 8 by an alumina etc. is formed, and the coil layer 9 by which pattern formation was carried out so that it might become spiral superficially through the insulating layer made from polyimide or a resist ingredient (not shown) on it is formed. In addition, said coil layer 9 is formed with the nonmagnetic conductivity ingredient with small electric resistance, such as Cu (copper). Furthermore, said coil layer 9 is surrounded by the insulating layer (not shown) formed with polyimide or a resist ingredient, and the up core layer 10 made from soft magnetic materials used as the trailing side core section of an inductive head h2 is formed on said insulating layer. In addition, the width method Tw of said up core layer 10 serves as the width of recording track.

[0043] As shown in drawing 1, point 10a of said up core layer 10 counters through said non-magnetic material layer 8 on the up shielding layer 7, and the magnetic gap of the magnetic gap length Gl2 who gives a record field to a record medium is formed. Moreover, the protective layers 11, such as an alumina, are formed on said up core layer 10. In an inductive head h2, a record current is given to the coil layer 9 and a record field is guided to the up shielding layer 7 and the up core layer 10 from the coil layer 9. And a magnetic signal is recorded on record media, such as a hard disk, in the part of the magnetic gap length Gl2 by the leak field between point 10a of the up shielding layer 7 and the up core layer 10. Moreover, in an inductive head h2, in order to enable it to record a magnetic signal on high density to record media, such as a hard disk, the magnetic gap length Gl2 of an inductive head h2 is formed as short as possible.

[0044] In this invention, the hard film 12 made from a permanent magnet ingredient and 13, are formed in the both sides of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7, and said lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 are single-domain-ized so that the direction of X may turn into the direction of an easy axis by the leak field (residual magnetization) from the contact surface with the hard film 12 and 13. For this reason, the hysteresis as the whole thin film magnetic head is lost, and coercive force becomes very small. Therefore, the magnetic reversibility in the difficult shaft orientations (illustration perpendicular direction) of the shielding layers 1 and 7 can become good, the dependability of the playback output signal of the magneto-resistive effect component layer 3 can be improved, and it can respond to especially a RF field. Moreover, when the magnetic reversibility of the shielding layers 1 and 7 becomes good, the shielding function to intercept MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 from a record noise improves. Furthermore, the effectiveness that the selectivity of a shielding ingredient spreads is also expectable.

[0045] Drawing 2 is the partial enlarged section which shows the thin film magnetic head of the 2nd operation gestalt of this invention, and was shown from the opposite side of a record medium. Furthermore, drawing 3 is the partial expanded sectional view which shows the thin film magnetic head of the 3rd operation gestalt of this invention, and was shown from the opposite side of a record medium. In addition, the migration direction of magnetic-recording media, such as a hard disk, is the direction of Y, and the direction of the leak field from a magnetic-recording medium is a Z direction. As shown in drawing, the fixed spacing T1 is vacated for the lower shielding layer 1 bottom formed with a permalloy, Co (cobalt), or a nickel-Fe-Co (nickel-iron-cobalt) system alloy, and the antiferromagnetism layers 14 and 14 are formed in it.

[0046] Where the laminating of the antiferromagnetism layers 14 and 14 and the lower shielding layer 1 is carried out, by heat-treating in the field of predetermined magnitude, an exchange anisotropy field is acquired by the interface of said both layers, and the magnetization direction of the antiferromagnetism layer 14 and the lower shielding layer 1 on 14 is fixed in the direction of X. On the other hand, the magnetization direction is single-domain-ized by the field from the lower shielding layer 1 fixed in the direction of X, the magnetization direction is arranged in the direction of X, and, therefore, as for the lower shielding layer 1 on the width method T1 the antiferromagnetism layers 14 and 14 are not formed, said lower shielding layer 1 whole is single-domain-ized in the direction of X by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layers 14 and 14. Moreover, since it has a good soft magnetism property and is single-domain-ized by vacating the fixed spacing T1 for the antiferromagnetism layers 14 and 14, without fixing magnetization of said lower shielding layer 1 of the range of T1, the magnetic reversibility in the space perpendicular direction of said lower shielding layer

1 is good.

[0047] On said lower shielding layer 1, the lower gap layer 2 made from a non-magnetic material is formed, and the laminating of the magneto-resistive effect component layer 3 is carried out on said lower gap layer 2. The laminating of the hard bias layer 4 and the main-electrode layer 5 is carried out to the both sides of said magneto-resistive effect component layer 3, and the up gap layer 6 made from a non-magnetic material is further formed on it. On said up gap layer 6, the up shielding layer (lower core layer) 7 combining and [ of the read-out head h1 / up shielding ] and the leading side core function of an inductive head h2 is formed.

[0048] On said up shielding layer 7, the fixed width method T2 is vacated and the antiferromagnetism layers 15 and 15 are formed. as for the up shielding layer 7 of the part which touches the antiferromagnetism layers 15 and 15, the direction of X serves as an easy axis by the exchange anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layers 15 and 15 -- as -- a single domain -- are-izing, and magnetization of the up shielding layer 7 of the part which does not touch an antiferromagnetism layer is arranged so that the direction of X may serve as an easy axis, it is fixed and, therefore, said up shielding layer 7 whole is single-domain-ized in the direction of X. Furthermore, on said antiferromagnetism layers 15 and 15 and the up shielding layer 7 of the width method T2, point 10a of the up core layer 10 is formed through the gap layer (not shown) in said up shielding layer 7 and the location which counters. Point 10a of said up core layer 10 is formed by the width method Tw, and this width method Tw serves as the width of recording track.

[0049] Next, if the structure of the thin film magnetic head shown in the structure and drawing 2 of the thin film magnetic head shown in drawing 3 is compared, in the thin film magnetic head shown in drawing 3, on the lower shielding layer 1, the fixed width method T1 is vacated, the antiferromagnetism layers 14 and 14 are formed, and the thin film magnetic head shown in drawing 2 and drawing 3 points other than this has the completely same structure. It is single-domain-ized in the direction of X by the exchange anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layers 14 and 15 like the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 which also show the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 of the thin film magnetic head which are shown in drawing 3 to drawing 2.

[0050] By the way, the thin film magnetic head shown in drawing 2 has structure which was excellent in respect of narrow-gap-izing compared with the thin film magnetic head shown in drawing 3. As shown in drawing 2, it turns out that the gap length G11 determined with spacing of the lower shielding layer 1 and the up shielding layer 7 is short compared with the gap length G11 who shows drawing 3. This is because the antiferromagnetism layers 14 and 14 are formed on the lower shielding layer 1 in drawing 3, and the gap length G11 who shows drawing 3 by the thickness of these antiferromagnetism layers 14 and 14 is long.

[0051] In addition, when gap length G11 becomes short, it becomes possible to raise the resolution of the leak field from a record medium. Moreover, it is good also as structure where the antiferromagnetism layers 15 and 15 currently formed on the up shielding layer 7 shown in drawing 2 as other operation gestalten are formed in said up shielding layer 7 bottom, and the antiferromagnetism layers 14 and 15 are formed in the shielding layer 1 and 7 bottom.

[0052] In this invention, as an antiferromagnetism ingredient which constitutes the antiferromagnetism layers 14 and 15, although a Pt-Mn (platinum-manganese) system alloy, an Ir-Mn (iridium-manganese) system alloy, a Rh-Mn (rhodium-manganese) system alloy, etc. can be illustrated, the Ir-Mn system alloy has the property in which switched connection cannot be demonstrated, among these antiferromagnetism ingredients, when a shielding layer is formed on it. That is, as shown in drawing 2 R> 2, when the shielding layer 1 is formed on the antiferromagnetism layer 14 and 14, whichever it puts [ of the shielding layer 1 and 7 top and the bottom ], it is desirable to use the Pt-Mn system alloy which can demonstrate an exchange anisotropy field, and a Rh-Mn system alloy.

[0053] In addition, in the antiferromagnetism layers 14 and 15 shown in the antiferromagnetism layer 15 and drawing 3 which are formed on the up shielding layer 7 shown in drawing 2, which of the antiferromagnetism ingredient mentioned above is usable. Moreover, a Fe-Mn (iron-manganese) system alloy, a nickel-Mn (nickel-manganese) system alloy, etc. which are used from the former in addition to

the antiferromagnetism ingredient mentioned above may be used.

[0054] In this invention, at least, the fixed width method T1 is vacated, the antiferromagnetism layers 14 and 14 are formed, the fixed width method T2 is further vacated on the up shielding layer 7 or for the bottom, and the antiferromagnetism layers 15 and 15 are formed on the lower shielding layer 1 or in the bottom. For this reason, it is fixed and the shielding layers 1 and 7 of the part which touches the antiferromagnetism layers 14 and 15 are single-domain-ized so that the direction of X may serve as an easy axis by the exchange anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layers 14 and 15. Moreover, magnetization is arranged, the direction of X is single-domain-ized by the field from the shielding layers 1 and 7 of the part fixed and single-domain-ized so that it may become an easy axis, and, therefore, as for the shielding layers 1 and 7 of the part which does not touch the antiferromagnetism layers 14 and 15, the shielding layer 1 and the 7 whole are single-domain-ized so that the direction of X may serve as an easy axis by the switched connection field. Moreover, by the antiferromagnetism layers 14 and 15 vacating the fixed spacing T1 and T2, and being formed, magnetization of the shielding layers 1 and 7 of the range of T1 and T2 is not fixed, a good soft magnetism property is shown, and, therefore, the magnetic reversibility in the difficult shaft orientations (space perpendicular direction) of said shielding layers 1 and 7 becomes good.

[0055] Therefore, the permeability of said shielding layers 1 and 7 becomes high, its shielding function to intercept MR layer of the magneto-resistive effect component layer 3 from a record noise improves, and reproducing characteristics will become good. Moreover, since, as for the shielding layer of the range of T1 and T2, magnetization is not being fixed even if said shielding layers 1 and 7 are thin-film-ized by adjusting the antiferromagnetism layer 14 and the fixed spacing T1 and T2 vacated among 14 (15 15) proper, It has the good soft magnetism property which can carry out flux reversal to the field from a record medium, and it becomes possible to maintain the permeability of said shielding layers 1 and 7, while it has been high. Thus, this invention is made to thin film-ization of the shielding layers 1 and 7 in correspondence.

[0056] Moreover, it is desirable to fill the relation which the antiferromagnetism layer 14, the fixed width methods T1 and T2 vacated among 14 (15 15), the width method c of the magneto-resistive effect component layer 3, and the width of recording track  $T_w$   $T_w < (T1, T2) \leq 5c$  Become. If the width methods T1 and T2 are too short (smaller than the width of recording track  $T_w$ ), the shielding layers 1 and 7 will be fixed so that the direction of X may serve as an easy axis, the soft magnetism property in the difficult shaft orientations (space perpendicular direction) of said shielding layers 1 and 7 will fall, therefore the permeability in the difficult shaft orientations of said shielding layers 1 and 7 will fall. Moreover, the distance of the antiferromagnetism layers 14 and 15 and the magneto-resistive effect component layer 3 becomes short, and the problem that the leak field from the shielding layers 1 and 7 (ferromagnetic layer) fixed from the antiferromagnetism layers 14 and 15 becomes easy to exert a magnetic interference on the magneto-resistive effect component layer 3 is also generated.

[0057] If the width methods T1 and T2 are too long (it is more than  $5c$ ), the width of face (= spacing T1 and T2) of the shielding layers 1 and 7 which are not magnetized in the direction of X by the exchange anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layers 14 and 15 will become long too much. The whole shielding layer becomes that it is [ single-domain-] hard to beized, therefore it becomes easy to generate the problem that anisotropy distribution occurs in said shielding layers 1 and 7. In addition, although this invention has explained the thin film magnetic head to which the laminating of the read-out head h1 and the inductive head h2 was carried out, the configuration explained in full detail also in the shielding layer of the thin film magnetic head which consists of only read-out heads h1 is applicable.

[0058]

[Effect of the Invention] According to this invention explained in full detail above, the hard film made from a permanent magnet is formed in the both sides of a shielding layer, it is arranged and magnetization of said shielding layer is single-domain-ized so that the direction of X may become an easy axis by the leak field (residual magnetization) from said hard film. For this reason, anisotropy distribution stops occurring in said shielding layer therefore, the hysteresis of the whole thin film

magnetic head is lost, and coercive force becomes very small.

[0059] When a shielding layer is single-domain-ized and coercive force becomes small, the magnetic reversibility in the direction of a hard axis of said shielding layer (it is perpendicularly to a record medium) becomes good, and the dependability of the playback output signal of a magneto-resistive effect component layer improves.

[0060] Moreover, in this invention, fixed spacing is vacated and an antiferromagnetism layer is formed on a shielding layer or in the bottom. For this reason, magnetization is fixed only for the shielding layer 1 and the shielding layer of the part to which magnetization is not fixed by the exchange anisotropy field and the 7 whole contacts an antiferromagnetism layer by the exchange anisotropy field. Since magnetization is arranged by the field from the shielding layer to which magnetization is being fixed by the exchange anisotropy field and the shielding layer of the part which is not in contact with an antiferromagnetism layer is single-domain-ized, magnetization is fixed for the shielding layer 1 and the 7 whole by the exchange anisotropy field, and a soft magnetism property does not fall compared with the case where it is single-domain-ized. Therefore, the magnetic reversibility in the difficult shaft orientations of said shielding layer improves, and the permeability of said shielding layer becomes high. When permeability becomes high, the shielding function to intercept MR layer which has a magneto-resistive effect from a record noise becomes good, and reproducing characteristics improve.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The expanded sectional view of the thin film magnetic head showing the structure of the 1st operation gestalt of this invention,

[Drawing 2] The partial expanded sectional view of the thin film magnetic head showing the structure of the 2nd operation gestalt of this invention,

[Drawing 3] The partial expanded sectional view of the thin film magnetic head showing the structure of the 3rd operation gestalt of this invention,

[Drawing 4] The expanded sectional view showing the structure of the 1st conventional thin film magnetic head,

[Drawing 5] The partial expanded sectional view showing the structure of the 2nd conventional thin film magnetic head,

[Description of Notations]

1 Lower Shielding Layer

2 Lower Gap Layer

3 Magneto-resistive Effect Component Layer

4 Hard Bias Layer

5 Main-Electrode Layer

6 Up Gap Layer

7 Up Shielding Layer (Lower Core Layer)

8 Gap Layer (Non-magnetic Material Layer)

9 Coil Layer

10 Up Core Layer

12 13 Hard film

14 15 Antiferromagnetism layer

h1 Read-out head

h2 Inductive head

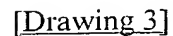
---

[Translation done.]

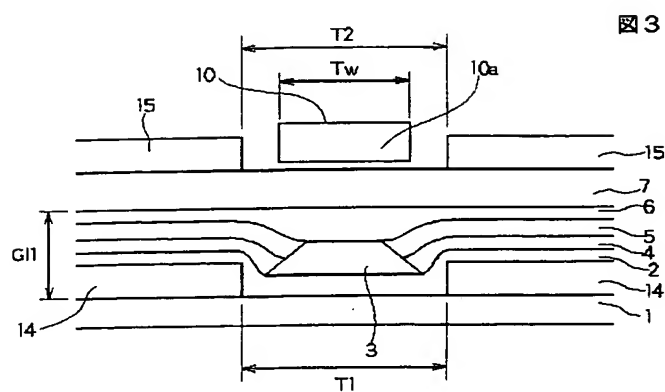
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

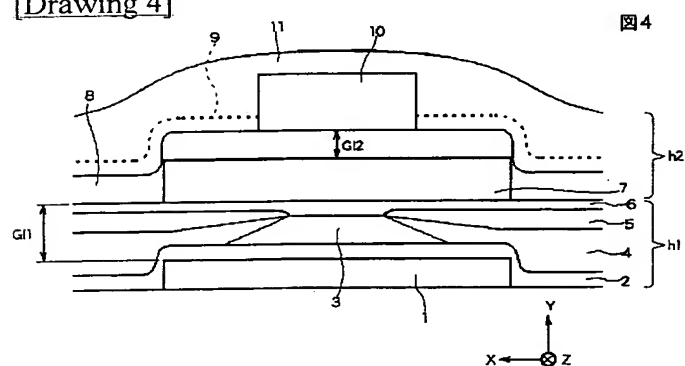
[Drawing 1]



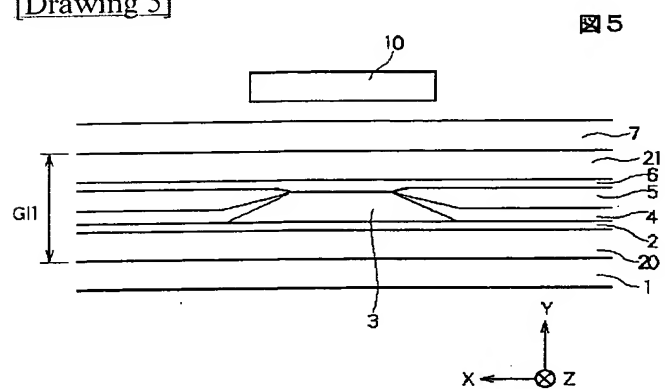




[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-312513

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-118349

(22) 出願日 平成9年(1997)5月8日

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 渡辺 利徳

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 斎藤 正路

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

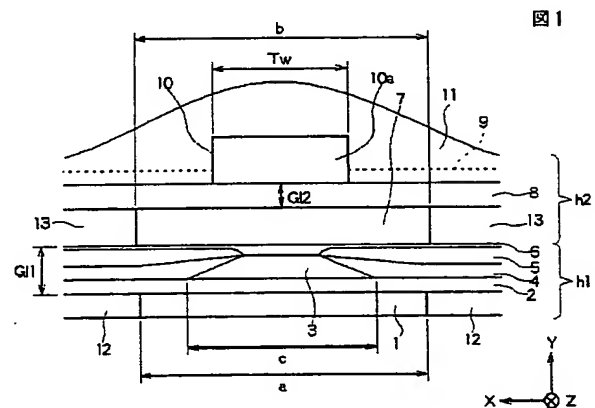
(74) 代理人 弁理士 野▲崎▼ 照夫

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 従来では、シールド層に異方性分散が発生しており、この異方性分散により薄膜磁気ヘッド全体のヒステリシスが膨らみ、保持力が大きくなっていた。従って、磁気抵抗効果を有するMR層及びシールド層の記録媒体に対して垂直方向における磁気的な可逆性が悪化し、バルクハウゼンノイズが発生し、磁気抵抗効果素子層の出力信号の信頼性が低下していた。

【解決手段】 シールド層1、7の両側に永久磁石製のハード膜12、13が形成され、これにより、前記シールド層1、7の磁化が容易軸方向(X方向)に揃えられ単磁区化される。従って前記シールド層1、7には異方性分散が発生せず、薄膜磁気ヘッド全体のヒステリシスがなくなり、保磁力が非常に小さくなり、シールド層1、7の紙面垂直方向における磁気的な可逆性が良好となる。よって磁気抵抗効果素子層3の再生出力信号の信頼性は向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部シールド層の上に下部ギャップ層を介して形成された磁気抵抗効果素子層と、この磁気抵抗効果素子層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層と、前記磁気抵抗効果素子層に検出電流を与える主電極層と、前記主電極層の上に上部ギャップ層を介して形成された上部シールド層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、少なくとも一方のシールド層の両側には、永久磁石製のハード膜が形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 下部シールド層の上に下部ギャップ層を介して形成された磁気抵抗効果素子層と、この磁気抵抗効果素子層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層と、前記磁気抵抗効果素子層に検出電流を与える主電極層と、前記主電極層の上に上部ギャップ層を介して形成された読み出しヘッドの上部シールド機能と、インダクティブヘッドのリーディング側コア機能とを兼ね備えた上部シールド層と、記録媒体との対向部で前記上部シールド層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、前記上部シールド層及び上部コア層に磁界を与えるコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、少なくとも一方のシールド層の両側には、永久磁石材料製のハード膜が形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記下部シールド層及び上部シールド層の飽和磁化を $M_s$ 、下部シールド層の膜厚を $L_1$ 、上部シールド層の膜厚を $L_2$ 、ハード膜の残留磁化を $M_r$ 、前記ハード膜の膜厚を $L_3$ としたとき、 $M_s \cdot (L_1 + L_2) \leq M_r \cdot L_3$ なる関係を満足する請求項1または請求項2に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記ハード膜の保磁力 $H_c$ が、5000e（エルステッド）以上である請求項1ないし請求項3に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 下部シールド層の幅寸法を $a$ 、上部シールド層の幅寸法を $b$ 、磁気抵抗効果素子層の幅寸法を $c$ 、上部コア層の幅寸法を $T_w$ としたとき、前記幅寸法 $a$ 、 $b$ は、 $T_w < (a, b) \leq 5c$ なる関係を満足する請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 下部シールド層の上に下部ギャップ層を介して形成された磁気抵抗効果素子層と、この磁気抵抗効果素子層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層と、前記磁気抵抗効果素子層に検出電流を与える主電極層と、前記主電極層の上に上部ギャップ層を介して形成された読み出しヘッドの上部シールド機能と、インダクティブヘッドのリーディング側コア機能とを兼ね備えた上部シールド層と、記録媒体との対向部で前記上部シールド層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、前記上部シールド層及び上部コア層に磁界を与えるコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部シールド層の下または上には、一定の間隔 $T_1$ を空けて、反強

磁性層が形成され、さらに前記上部シールド層の下または上には、一定の間隔 $T_2$ を空けて反強磁性層が形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 前記反強磁性層は、Pt-Mn（白金-マンガン）系合金、Rh-Mn（ロジウム-マンガン）系合金、Ir-Mn（イリジウム-マンガン）系合金のいずれかの反強磁性材料で形成されている請求項5記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 磁気抵抗効果素子層の幅寸法を $c$ 、上部コア層の幅寸法を $T_w$ としたとき、前記反強磁性層間に空けられた一定の間隔 $T_1$ 、 $T_2$ は $T_w < (T_1, T_2) \leq 5c$ なる関係を満足する請求項5または請求項6に記載の薄膜磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハードディスク装置などの搭載されるMR/インダクティブヘッド複合型薄膜磁気ヘッドに係り、特にシールド層の磁化を単磁区化して、MRヘッドの再生特性を向上させた薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】図4は、従来の薄膜磁気ヘッドを記録媒体の対向側から示した拡大断面図である。この薄膜磁気ヘッドは、例えば浮上式ヘッドを構成するスライダのトレーリング側端面に、磁気抵抗効果を利用した読み出しヘッド $h_1$ と、書き込み用のインダクティブヘッド $h_2$ とが積層された構成となっている。図に示す薄膜磁気ヘッドの最も下の層となる下部シールド層1は、例えばセンダストやNi-Fe系合金（パーマロイ）などの軟磁性材料により形成されている。なお、センダストは等方的な軟磁性材料として、パーマロイは一軸異方性をもつ軟磁性材料として一般的に知られている。

【0003】下部シールド層1の上に、 $Al_2O_3$ （アルミナ）などの非磁性材料による下部ギャップ層2が形成されている。そして前記下部ギャップ層2の上に磁気抵抗効果素子層3が成膜されている。前記磁気抵抗効果素子層3は、三層で構成されており、下から軟磁性層（SAL層）、非磁性層（SHUNT層）、磁気抵抗効果層（MR層）の順に積層されている。通常、前記磁気抵抗効果層は、Ni-Fe系合金（パーマロイ）の層、前記非磁性層はTa（タンタル）の層であり、前記軟磁性層はNi-Fe-Nb系合金により形成されている。前記磁気抵抗効果素子層3の両側には、縦バイアス層としてハードバイアス層4が形成されている。ハードバイアス層4における縦バイアス磁界は、例えばX方向に向けられ、磁気抵抗効果素子層3のMR層は図示X方向に揃えられ、単磁区化された状態となっている。

【0004】また、前記ハードバイアス層4の上にCu（銅）、W（タングステン）などの電気抵抗の小さい非磁性導電性材料の主電極層5が形成されている。さらに

その上に、アルミナなどの非磁性材料による上部ギャップ層6が形成されている。前記上部ギャップ層6の上には上部シールド層(下部コア層)7がパーマロイなどのメッキにより形成されている。この上部シールド層7は、インダクティブヘッドh2のリーディング側コア機能と、読み出しヘッドh1の上部シールド機能とを兼用したものとなっている。また読み出しヘッドh1では、下部シールド層1と上部シールド層7との間隔によりギャップ長G1が決定される。

【0005】前記上部シールド層7の上には、アルミナなどによるギャップ層(非磁性材料層)8とポリイミドまたはレジスト材料により形成された絶縁層(図示しない)が積層され、前記絶縁層の上には螺旋状となるようにパターン形成されたコイル層9が設けられている。前記コイル層9はCu(銅)などの電気抵抗の小さい非磁性導電材料で形成されている。そして前記コイル層9はポリイミドまたはレジスト材料で形成された絶縁層(図示しない)に囲まれ、前記絶縁層の上にパーマロイなどの磁性材料で形成された上部コア層10がメッキ形成されている。なお、前記上部コア層10は記録媒体に記録磁界を与えるインダクティブヘッドh2のトレーリング側コア部として機能している。

【0006】前記上部コア層10は、図に示すように記録媒体の対向側で上部シールド層下部コア層7の上に前記ギャップ層8を介して対向し、記録媒体に記録磁界を与える磁気ギャップ長G12の磁気ギャップが形成されている。そして、前記上部コア層10の上にアルミナなどの保護層11が設けられている。読み出しヘッドh1では、記録媒体の外部磁界(紙面に対して垂直方向)により、前記磁気抵抗効果素子層3のMR層の抵抗値が変化する。読み出しヘッドh1では、この抵抗値の変化を利用し記録媒体の信号を読み取っている。

【0007】ところで、MR層の上下にはシールド層1, 7が形成されており、このシールド層1, 7の不規則な磁区の変化によるバルクハウゼンノイズが相互作用によりMR層に伝わってしまい、MR層の出力信号に悪影響を与える。前記MR層の出力信号の信頼性を向上させるには、磁気抵抗効果素子層3のMR層へ流入する外部ノイズを低減させる必要がある。そのためには下部シールド層1及び上部シールド層7の磁化方向を磁化容易軸方向(X方向)に揃えて単磁区化し、前記シールド層1, 7の磁化反転(磁気的な可逆性)を良好にする必要があると考えられている。

【0008】前記シールド層1, 7の磁化方向の制御方法として、従来では、下部シールド層1及び上部シールド層7が、パーマロイやCo(コバルト)系アモルファス合金のように、一軸異方性を付与できる軟磁性材料で形成されるときには、前記下部シールド層1及び上部シールド層7の磁化容易軸方向が、図4に示すX方向に向けられるように、磁場中で成膜及びアニール処理などが

施されたり、または成膜及びアニール処理後にX方向が磁化容易軸方向になるように磁化されていた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、磁場中で成膜及びアニール処理などが施されても、前記下部シールド層1及び上部シールド層7の磁化が、磁化容易軸方向(X方向)に完全に揃わない。つまり、下部シールド層1及び上部シールド層7には、平均的な磁化容易軸方向よりもややずれた方向に傾いている磁気モーメントの集団がいくつか存在している。即ち、微視的には磁気異方性が分散した状態(異方性分散)となっている。

【0010】シールド層1, 7に異方性分散が発生していると、薄膜磁気ヘッド全体のヒステリシスは膨らみ、保磁力が大きくなってしまう。このため、困難軸方向(図示垂直方向)におけるシールド層1, 7の磁気的な可逆性が悪化するばかりでなく、磁気抵抗効果を発揮する磁気抵抗効果素子層3のMR層へ伝わるバルクハウゼンノイズが増加し、特に高周波領域における再生特性に関しては、出力信号の信頼性が著しく低下する。また、シールド層1, 7の磁気的な可逆性が悪化することで、記録媒体の記録ノイズを磁気抵抗効果素子層3のMR層から遮断するといったシールド層本来のシールド機能が低下するという問題も生じる。

【0011】図5は、図4に示す薄膜磁気ヘッドの読み出しヘッドh1の構造を改良した従来例であり、図5に示す薄膜磁気ヘッドは、記録媒体の対向側から示した部分拡大断面図である。図に示すように、Co(コバルト)やパーマロイなどの軟磁性材料で形成された下部シールド層1の上全体に、例えばNi-Mn(ニッケルマンガン)合金製の反強磁性層20が形成されている。下部シールド層1と反強磁性層20とが接して形成されると、前記下部シールド層1は前記反強磁性層20との界面での交換結合による交換異方性磁界により、図示X方向が磁化容易軸方向になるように単磁区化されて固定されている。

【0012】同じ様に、上部シールド層7の下にも反強磁性層21が形成されており、前記上部シールド層7の磁化は前記反強磁性層21との交換異方性磁界により図示X方向が磁化容易軸方向となるように単磁区化されて固定されている。このように、下部シールド層1及び上部シールド層7の磁化が、反強磁性層20, 21との交換異方性磁界により図示X方向が磁化容易軸となるように単磁区化され固定されると、前記シールド層1, 7に異方性分散が発生せず、従って薄膜磁気ヘッド全体の困難軸方向(紙面に対して垂直方向)における保磁力は小さくなり、シールド層1, 7の磁気的な可逆性は良好になるものと思われる。その結果、磁気抵抗効果素子3のMR層の出力はバルクハウゼンノイズのないものとなる。

【0013】しかし、図5に示す構造では、下部シールド層1

ド層1及び上部シールド層7が反強磁性層20、21との界面での交換異方性磁界により図示X方向が磁化容易軸となるように単磁区化され固定されてしまい、そのために、前記下部シールド層1及び上部シールド層7における困難軸方向(図示垂直方向)の軟磁性特性は悪くなり、前記シールド層1、7の困難軸方向における透磁率が低下してしまう。透磁率の低下によりシールド層1、7のシールド機能は低下し、従ってMR層が記録ノイズを引き込みやすくなるなど、再生特性は悪化する。

【0014】また、記録媒体からの洩れ磁界の分解能を高めるために、下部シールド層1と上部シールド層7との間隔で決定されるギャップ長 $G1$ は短いことが好ましく、このために、下部ギャップ層2及び上部ギャップ層6はできる限り薄く形成される。しかし、図5に示す構造では、下部シールド層1の上に反強磁性層20が、上部シールド層7の下に反強磁性層21が形成されているために、前記ギャップ長 $G1$ は、前記反強磁性層20、21の膜厚分だけ厚くなってしまい、狭ギャップ化を図れないという問題点もある。

【0015】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、下部シールド層及び上部シールド層の両側に永久磁石材料製のハード膜を形成し、前記下部シールド層及び上部シールド層を単磁区化することにより、ヒステリシスをなくし保磁力を小さくし、記録媒体に対して垂直方向におけるシールド層の磁気的な可逆性を良好にし、磁気抵抗効果素子層の出力信号の信頼性を向上させた薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0016】また、本発明は、下部コア層及び上部コア層の下側または上側に一定の間隔を空けて反強磁性層を形成することにより、読み取りトラック領域における前記シールド層が単磁区化され且つ良好な軟磁性特性を示すようになり、シールド層の透磁率を高く維持でき、磁気抵抗効果素子層の再生信号の信頼性を向上させた薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、下部シールド層の上に下部ギャップ層を介して形成された磁気抵抗効果素子層と、この磁気抵抗効果素子層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層と、前記磁気抵抗効果素子層に検出電流を与える主電極層と、前記主電極層の上に上部ギャップ層を介して形成された上部シールド層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、少なくとも一方のシールド層の両側には、永久磁石製のハード膜が形成されていることを特徴とするものである。

【0018】または本発明は、下部シールド層の上に下部ギャップ層を介して形成された磁気抵抗効果素子層と、この磁気抵抗効果素子層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層と、前記磁気抵抗効果素子層に検出電流を与える主電極層と、前記主電極層の上に上部ギャップ層を介して形成された読み出しヘッドの上部シールド機

能と、インダクティブヘッドのリーディング側コア機能とを兼ね備えた上部シールド層と、記録媒体との対向部で前記上部シールド層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、前記上部シールド層及び上部コア層に磁界を与えるコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部シールド層及び上部シールド層の両側には、永久磁石材料製のハード膜が形成されていることを特徴とするものである。

【0019】本発明では、下部シールド層及び上部シールド層の飽和磁化を $M_s$ 、下部シールド層の膜厚を $L_1$ 、上部シールド層の膜厚を $L_2$ 、ハード膜の残留磁化を $M_r$ 、前記ハード膜の膜厚を $L_3$ としたとき、 $M_s \cdot (L_1, L_2) \leq M_r \cdot L_3$ なる関係を満足することが好ましい。

【0020】このような関係を満足することで、下部シールド層及び上部シールド層の磁化は、ハード膜の残留磁化 $M_r$ により容易に磁化容易軸方向に揃えられ単磁区化される。

【0021】また、前記ハード膜の保磁力 $H_c$ が、5000e(エルステッド)以上であることが好ましい。

【0022】さらに、下部シールド層の幅寸法を $a$ 、上部シールド層の幅寸法を $b$ 、磁気抵抗効果素子層の幅寸法を $c$ 、上部コア層の幅寸法を $T_w$ としたとき、前記幅寸法 $a$ 、 $b$ は、 $T_w < (a, b) \leq 5c$ なる関係を満足することが好ましい。

【0023】下部シールド層の幅寸法 $a$ 及び上部シールド層の幅寸法 $b$ が、短すぎる(トラック幅 $T_w$ よりも小さくなる)と、ハード膜と磁気抵抗効果素子層との距離が短くなり、前記ハード膜からの洩れ磁界が磁気抵抗効果素子層に磁気的な干渉を及ぼす恐れがある。また、幅寸法 $a$ 、 $b$ が長すぎると(5c以上になる)、下部シールド層及び上部シールド層の全ての磁化(磁気モーメント)が、ハード膜からの洩れ磁界(残留磁化)により、単磁区化されにくく、異方性分散が発生する可能性がある。

【0024】また、本発明は、下部シールド層の上に下部ギャップ層を介して形成された磁気抵抗効果素子層と、この磁気抵抗効果素子層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層と、前記磁気抵抗効果素子層に検出電流を与える主電極層と、前記主電極層の上に上部ギャップ層を介して形成された読み出しヘッドの上部シールド機能と、インダクティブヘッドのリーディング側コア機能とを兼ね備えた上部シールド層と、記録媒体との対向部で前記上部シールド層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、前記上部シールド層及び上部コア層に磁界を与えるコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部シールド層の下または上には、一定の間隔 $T_1$ を空けて、反強磁性層が形成され、さらに前記上部シールド層の下または上には、一定の間隔 $T_2$ を空けて反強磁性層が形成されていることを特徴とするものである。

【0025】前記反強磁性膜は、Pt-Mn（白金-マンガン）系合金、Rh-Mn（ロジウム-マンガン）系合金、Ir-Mn（イリジウム-マンガン）系合金のいずれかの反強磁性材料で形成されていることが好ましい。

【0026】これらの反強磁性材料のうち、Pt-Mn系合金とPd-Mn系合金は、シールド層の上と下のどちらに重ねられても、前記シールド層との界面で有効な交換異方性磁界を発揮することができる。また、Ir-Mn系合金は、シールド層の上に重ねられた場合に、シールド層との界面において交換結合を発揮できる。また、磁気抵抗効果素子層の幅寸法を $c$ 、上部コア層の幅寸法を $T_w$ としたとき、前記反強磁性層間に空けられた一定の間隔 $T_1$ 、 $T_2$ は $T_w < (T_1, T_2) \leq 5c$ なる関係を満足することが好ましい。

【0027】反強磁性層間に空けられた一定の間隔 $T_1$ 、 $T_2$ が短すぎると（トラック幅 $T_w$ よりも短い）、つまり前記反強磁性層と接触していない部分のシールド層の幅（＝間隔 $T_1$ 、 $T_2$ ）が短くなりすぎると、反強磁性層により固定されたシールド層（強磁性層）と磁気抵抗効果素子層との距離が短くなり、反強磁性層によって固定されたシールド層（強磁性層）からの洩れ磁界が、磁気抵抗効果素子層に磁気的な干渉を及ぼしやすくなる。また、シールド層が反強磁性層との界面での交換異方性磁界により単磁区化され固定されてしまうという問題も生じる。また、一定の間隔 $T_1$ 、 $T_2$ が長すぎる（ $5c$ 以上になる）、つまり前記反強磁性層と接触していない部分のシールド層の幅（＝間隔 $T_1$ 、 $T_2$ ）が長くなりすぎると、前記シールド層が反強磁性層との界面で発生する交換異方性磁界により完全に単磁区化されにくくなる。

【0028】本発明では、シールド層の両側に永久磁石製のハード膜が形成され、前記シールド層の磁化が、前記ハード膜からの洩れ磁界（残留磁化）により磁化容易軸方向に揃えられている。このため、前記シールド層に異方性分散が発生しなくなり、従って薄膜磁気ヘッド全体のヒステリシスがなくなり、保磁力が非常に小さくなる。

【0029】保磁力が小さくなることにより、シールド層の磁化困難軸方向（記録媒体に対して垂直方向）における磁気的な可逆性が良好となり、磁気抵抗効果素子層の再生出力信号の信頼性が向上する。

【0030】または、本発明では、シールド層の上または下に一定の間隔を空けて反強磁性層が形成される。従来では図5に示すように下部シールド層1の上と上部シールド層7の下全体に反強磁性層20、21が形成されていたが、このような構造では、シールド層が反強磁性層との界面での交換異方性磁界により前記シールド層全体の磁化が固定されてしまい、シールド層の軟磁性特性が悪化するという問題点があった。

【0031】本発明では、図5に示す薄膜磁気ヘッドの

構造を改良し、例えば図2に示すように、反強磁性層14、15が一定の間隔 $T_1$ 、 $T_2$ を空けて形成されている。このような構造とすることで、シールド層1、7全体の磁化が交換異方性磁界により固定されることがなく、反強磁性層14、15と接触する部分のシールド層1、7のみが交換異方性磁界により固定されることとなる。交換異方性磁界により固定されていない部分のシールド層1、7は、交換結合磁界により固定されて単磁区化されているシールド層1、7からの磁界により単磁区化されていくが、反強磁性層と接触していないため、記録媒体からの記録磁界により磁化反転できる程度の軟磁性特性を有するものとなり、従来のようにシールド層1、7全体の磁化が強固に固定されることがない。

【0032】このため反強磁性層と接触していない部分のシールド層1、7の磁気的な可逆性は良好となり、前記シールド層1、7の透磁率は高くなり、磁気抵抗効果素子層の再生出力信号の信頼性が向上する。

【0033】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施形態の薄膜磁気ヘッドを示すものであり、記録媒体の対向側から示した拡大断面である。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はY方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はZ方向である。図1に示す薄膜磁気ヘッドは、浮上式ヘッドを構成するスライダのトレーリング側端面に形成されたものであり、読み出しヘッド $h_1$ と、記録用のインダクティブヘッド $h_2$ とが積層されたものとなっている。

【0034】読み出しヘッド $h_1$ は、磁気抵抗効果を利用してハードディスクなどの記録媒体からの洩れ磁界を検出し、記録信号を読み取るものである。スライダのトレーリング側端面には、軟磁性材料製の下部シールド層1が幅寸法 $a$ により形成されている。前記下部シールド層1は、パーマロイやCo（コバルト）系アモルファス合金のように一軸異方性を持つ軟磁性材や、センダストのように等方的な軟磁性材料により形成される。

【0035】前記下部シールド層1の両側にはハード膜12、12が形成されている。このハード膜12、12は、例えばCo-Pt（コバルト-白金）系合金、Co-Pd-Cr（コバルト-パラジウム-コバルト）系合金、Co-Cr-Ta（コバルト-クロム-タンタル）系合金などの永久磁石材料（硬磁性材料）で形成される。前記ハード膜12、12は、X方向に磁化されており、これにより下部シールド層1は、X方向が磁化容易軸方向になるように単磁区化される。

【0036】前記下部シールド層1及びハード膜12、12の上には、 $Al_2O_3$ （アルミナ）などの非磁性材料により形成された下部ギャップ層2が設けられている。下部ギャップ層2の上には磁気抵抗効果素子層3が、幅寸法 $c$ により設けられている。磁気抵抗効果素子層3は三層構造であり、下から軟磁性材料（Co-Zr-Mo

系合金またはNi-Fe-Nb系合金)によるSAL層、非磁性材料製のSHUNT層(例えばTa(タンタル)、磁気抵抗効果を有するMR層(Fe-Ni系合金)により形成されている。磁気抵抗効果素子層3の両側には、MR層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層4と、MR層に検出電流を与える主出電極層5(W(タングステン)またはCu(銅))が形成されている。

【0037】前記ハードバイアス層4はX方向に磁化されており、これにより磁気抵抗効果素子層3のMR層はX方向に単磁区化されている。さらに、前記磁気抵抗効果素子層3及び主電極層5の上には、アルミナなどによる上部ギャップ層6が形成されている。前記上部ギャップ層6の上には、読み出しヘッドh1の上部シールド機能とインダクティブヘッドh2のリーディング側コア機能とを兼用する上部シールド層(下部コア層)7が形成されている。図に示すように、前記上部シールド層7は、前述した下部シールド層1と同程度の幅寸法bにより形成されている。

【0038】前記上部シールド層7の両側にはハード膜13、13が形成されている。このハード膜13、13は、下部シールド層1の両側に形成されているハード膜12、12と同じ様に永久磁石材料により形成されている。前記ハード膜13、13はX方向に磁化されており、これにより前記上部シールド層7の磁化はX方向が磁化容易軸方向となるように単磁区化される。

【0039】ここで、下部シールド層1及び上部シールド層7の飽和磁化をMs、下部シールド層1の膜厚をL1、上部シールド層7の膜厚をL2、ハード膜12、13の残留磁化をMr、前記ハード膜の膜厚12、13をL3としたとき、 $Ms \cdot (L1, L2) \leq Mr \cdot L3$ なる関係を満たすことが好ましい。このような関係を満たすことで、下部シールド層1及び上部シールド層7の磁化は、ハード膜12、13の残留磁化により容易に単磁区化されるものと思われる。

【0040】また、ハード膜12、13の保磁力Hcは5000e(エルステッド)以上であることが好ましい。ハード膜12、13を保磁力を高くすることで、外部磁界などにより、前記ハード膜12、13の磁化方向(図示X方向)が変化することなく、磁化方向が安定に保持されるからである。さらに、後述する上部コア層10の先端部10aの幅寸法をTw(トラック幅)としたとき、下部シールド層1の幅寸法a、及び上部シールド層7の幅寸法bと磁気抵抗効果素子層3の幅寸法cと前記トラック幅Twとの関係は、 $Tw < (a, b) \leq 5c$ であることが好ましい。

【0041】シールド層1、7の幅寸法a、bが短すぎると(トラック幅Twよりも短くなる)、ハード膜12、13と磁気抵抗効果素子層3との距離が短くなりすぎ、前記ハード膜12、13から洩れ磁界が、磁気抵抗

効果素子層3に磁気的な干渉を及ぼす可能性がある。また、幅寸法a、bが長すぎると(5c以上となる)、シールド層1、7がハード膜12、13からの洩れ磁界(残留磁化)により完全に単磁区化されにくく、シールド層1、7に異方性分散が発生する可能性がある。異方性分散が発生すると、保磁力が大きくなり、磁気抵抗効果素子層3のMR層及びシールド層1、7の磁気的な可逆性が悪化する。

【0042】次に、図1に示すように、上部シールド層(下部コア層)7及びハード膜13、13の上にはアルミナなどによるギャップ層(非磁性材料層)8が形成され、その上にポリイミドまたはレジスト材料製の絶縁層(図示しない)を介して平面的に螺旋状となるようにパターン形成されたコイル層9が設けられている。なお、前記コイル層9はCu(銅)などの電気抵抗の小さい非磁性導電性材料で形成されている。さらに、前記コイル層9はポリイミドまたはレジスト材料で形成された絶縁層(図示しない)に囲まれ、前記絶縁層の上にインダクティブヘッドh2のトレーリング側コア部となる軟磁性材料製の上部コア層10が形成されている。なお、前記上部コア層10の幅寸法Twが、トラック幅となっている。

【0043】図1に示すように、前記上部コア層10の先端部10aは上部シールド層7の上に前記非磁性材料層8を介して対向し、記録媒体に記録磁界を与える磁気ギャップ長G12の磁気ギャップが形成されている。また前記上部コア層10の上には、アルミナなどの保護層11が設けられている。インダクティブヘッドh2では、コイル層9に記録電流が与えられ、コイル層9から上部シールド層7及び上部コア層10に記録磁界が誘導される。そして、磁気ギャップ長G12の部分で上部シールド層7と上部コア層10の先端部10aとの間の洩れ磁界により、ハードディスクなどの記録媒体に磁気信号が記録される。また、インダクティブヘッドh2において、ハードディスクなどの記録媒体に対して高密度に磁気信号を記録できるようにするために、インダクティブヘッドh2の磁気ギャップ長G12はできる限り短く形成される。

【0044】本発明では、下部シールド層1及び上部シールド層7の両側に永久磁石材料製のハード膜12、13、が形成されており、前記下部シールド層1及び上部シールド層7は、ハード膜12、13との接触面からの洩れ磁界(残留磁化)により、X方向が磁化容易軸方向となるように単磁区化されている。このため薄膜磁気ヘッド全体としてのヒステリシスがなくなり、保磁力は非常に小さくなる。従って、シールド層1、7の困難軸方向(図示垂直方向)における磁気的な可逆性が良好になり、磁気抵抗効果素子層3の再生出力信号の信頼性を向上でき、特に高周波領域に対応できる。また、シールド層1、7の磁気的な可逆性が良好になることにより、磁



気抵抗効果素子層3のMR層を記録ノイズから遮断するといったシールド機能が向上する。さらに、シールド材料の選択性が広がるといった効果も期待できる。

【0045】図2は、本発明の第2の実施形態の薄膜磁気ヘッドを示すものであり、記録媒体の対向側から示した部分拡大断面である。さらに、図3は、本発明の第3の実施形態の薄膜磁気ヘッドを示すものであり、記録媒体の対向側から示した部分拡大断面図である。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はY方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はZ方向である。図に示すように、パーマロイ、Co（コバルト）またはNi-Fe-Co（ニッケル-鉄-コバルト）系合金などで形成された下部シールド層1の下側には、一定の間隔T1を空けて、反強磁性層14、14が形成されている。

【0046】反強磁性層14、14と下部シールド層1とが積層された状態で、所定の大きさの磁界中で熱処理を施すことにより、前記両層の界面で交換異方性磁界が得られ、反強磁性層14、14上の下部シールド層1の磁化方向がX方向に固定される。一方、反強磁性層14、14が形成されていない幅寸法T1上の下部シールド層1は、前記反強磁性層14、14との交換異方性磁界により、磁化方向がX方向に固定された下部シールド層1からの磁界により単磁区化されて、磁化方向がX方向に揃えられ、よって前記下部シールド層1全体がX方向に単磁区化されていく。また、反強磁性層14、14に一定の間隔T1を空けることで、T1の範囲の前記下部シールド層1の磁化が固定されることなく、良好な軟磁性特性を有して単磁区化されているため、前記下部シールド層1の紙面垂直方向における磁気的な可逆性は良好なものとなっている。

【0047】前記下部シールド層1上には、非磁性材料製の下部ギャップ層2が形成されており、前記下部ギャップ層2上には、磁気抵抗効果素子層3が積層されている。前記磁気抵抗効果素子層3の両側には、ハードバイアス層4及び主電極層5が積層され、さらにその上に、非磁性材料製の上部ギャップ層6が形成されている。前記上部ギャップ層6の上には、読み出しヘッドh1の上部シールド機能とインダクティブヘッドh2のリーディング側コア機能とを兼用する上部シールド層（下部コア層）7が形成されている。

【0048】前記上部シールド層7の上には、一定の幅寸法T2を空けて反強磁性層15、15が形成されている。反強磁性層15、15と接する部分の上部シールド層7は、反強磁性層15、15との界面での交換異方性磁界によりX方向が磁化容易軸となるように単磁区化されて固定され、反強磁性層と接しない部分の上部シールド層7の磁化はX方向が磁化容易軸となるように揃えられ、よって前記上部シールド層7全体がX方向に単磁区化される。さらに、前記反強磁性層15、15及び幅寸

法T2の上部シールド層7の上には、ギャップ層（図示しない）を介して前記上部シールド層7と対向する位置に上部コア層10の先端部10aが形成されている。前記上部コア層10の先端部10aは幅寸法Twで形成されており、この幅寸法Twがトラック幅となっている。

【0049】次に、図3に示す薄膜磁気ヘッドの構造と図2に示す薄膜磁気ヘッドの構造とを比較してみると、図3に示す薄膜磁気ヘッドでは、下部シールド層1の上に一定の幅寸法T1を空けて反強磁性層14、14が形成されており、これ以外の点では図2及び図3に示す薄膜磁気ヘッドは全く同じ構造となっている。図3に示す薄膜磁気ヘッドの下部シールド層1及び上部シールド層7も、図2に示す下部シールド層1及び上部シールド層7と同じ様に、反強磁性層14、15との界面での交換異方性磁界によりX方向に単磁区化されている。

【0050】ところで、図2に示す薄膜磁気ヘッドは、図3に示す薄膜磁気ヘッドに比べて狭ギャップ化という点で優れた構造となっている。図2に示すように、下部シールド層1と上部シールド層7との間隔によって決定されるギャップ長G11は、図3に示すギャップ長G11に比べて短くなっていることがわかる。これは、図3では、下部シールド層1の上に反強磁性層14、14が形成されているためであり、この反強磁性層14、14の膜厚分だけ図3に示すギャップ長G11は長くなっている。

【0051】なお、ギャップ長G11が短くなることにより、記録媒体からの洩れ磁界の分解能を高めることが可能となる。また、他の実施形態として図2に示す上部シールド層7の上に形成されている反強磁性層15、15が前記上部シールド層7の下側に形成され、シールド層1、7の下側に反強磁性層14、15が形成されている構造としてもよい。

【0052】本発明では、反強磁性層14、15を構成する反強磁性材料として、Pt-Mn（白金-マンガン）系合金、Ir-Mn（イリジウム-マンガン）系合金、Rh-Mn（ロジウム-マンガン）系合金などを例示できるが、これらの反強磁性材料のうち、Ir-Mn系合金は、その上にシールド層が形成される場合、交換結合を発揮できないという性質を有している。つまり図2に示すように反強磁性層14、14上にシールド層1が形成されるような場合は、シールド層1、7の上と下のどちらに重ねられても、交換異方性磁界を発揮できるPt-Mn系合金やRh-Mn系合金を使用することが好ましい。

【0053】なお、図2に示す上部シールド層7上に形成されている反強磁性層15及び図3に示す反強磁性層14、15には、前述した反強磁性材料のどれでも使用可能である。また、前述した反強磁性材料以外に従来から使用されているFe-Mn（鉄-マンガン）系合金やNi-Mn（ニッケル-マンガン）系合金などを使用し

10

20

30

40

50



てもよい。

【0054】本発明では、少なくとも下部シールド層1の上または下に一定の幅寸法T1を空けて反強磁性層14、14が形成され、さらに上部シールド層7の上または下に一定の幅寸法T2を空けて反強磁性層15、15が形成されている。このため、反強磁性層14、15と接する部分のシールド層1、7は、反強磁性層14、15との界面での交換異方性磁界によりX方向が磁化容易軸となるように固定され単磁区化される。また、反強磁性層14、15と接しない部分のシールド層1、7は、交換結合磁界によりX方向が磁化容易軸となるように固定されて単磁区化された部分のシールド層1、7からの磁界により、X方向が磁化容易軸となるように磁化が揃えられて単磁区化され、よってシールド層1、7全体が単磁区化されるようになっている。また、反強磁性層14、15が一定の間隔T1、T2を空けて形成されることで、T1、T2の範囲のシールド層1、7の磁化が固定されることがなく、良好な軟磁性特性を示し、よって前記シールド層1、7の困難軸方向（紙面垂直方向）における磁気的な可逆性が良好になる。

【0055】従って前記シールド層1、7の透磁率は高くなり、磁気抵抗効果素子層3のMR層を記録ノイズから遮断するといったシールド機能が向上し、再生特性が良好なものとなる。また、反強磁性層14、14（15、15）間に空けられた一定の間隔T1、T2を適正に調節することにより、前記シールド層1、7が薄膜化されても、T1、T2の範囲のシールド層は磁化が固定されていないため、記録媒体からの磁界に対し磁化反転できる良好な軟磁性特性を有し、前記シールド層1、7の透磁率を高いまま維持することが可能となる。このように本発明はシールド層1、7の薄膜化に対応できるものとなっている。

【0056】また、反強磁性層14、14（15、15）間に空けられた一定の幅寸法T1、T2と、磁気抵抗効果素子層3の幅寸法cと、トラック幅Twとが、 $Tw < (T1, T2) \leq 5c$ なる関係を満たしていることが好ましい。幅寸法T1、T2が短すぎると（トラック幅Twよりも小さい）、シールド層1、7はX方向が磁化容易軸となるように固定されてしまい、前記シールド層1、7の困難軸方向（紙面垂直方向）における軟磁性特性が低下し、従って前記シールド層1、7の困難軸方向における透磁率が低下してしまう。また、反強磁性層14、15と磁気抵抗効果素子層3との距離が短くなり、反強磁性層14、15より固定されたシールド層1、7（強磁性層）からの洩れ磁界が、磁気抵抗効果素子層3に磁気的な干渉を及ぼしやすくなるという問題も発生する。

【0057】幅寸法T1、T2が長すぎると（5c以上である）、反強磁性層14、15との界面での交換異方性磁界によりX方向に磁化されていないシールド層1、7の幅（＝間隔T1、T2）が長くなりすぎ、シールド層全

体が単磁区化されにくくなり、従って前記シールド層1、7に異方性分散が発生するという問題が発生しやすくなる。なお、本発明では、読み出しヘッドh1とインダクティブヘッドh2とが積層された薄膜磁気ヘッドについて説明してきたが、読み出しヘッドh1だけで構成されている薄膜磁気ヘッドのシールド層にも詳述した構成が適用できる。

【0058】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、シールド層の両側に永久磁石製のハード膜が形成され、前記シールド層の磁化が、前記ハード膜からの洩れ磁界（残留磁化）によりX方向が磁化容易軸となるように揃えられ単磁区化されている。このため、前記シールド層に異方性分散が発生しなくなり、従って薄膜磁気ヘッド全体のヒステリシスがなくなり、保磁力が非常に小さくなる。

【0059】シールド層が単磁区化され、保磁力が小さくなることにより、前記シールド層の磁化困難軸方向（記録媒体に対して垂直方向）における磁気的な可逆性が良好となり、磁気抵抗効果素子層の再生出力信号の信頼性は向上する。

【0060】また本発明では、シールド層の上または下に一定の間隔を空けて反強磁性層が形成される。このためシールド層1、7全体が交換異方性磁界により磁化が固定されることがなく、反強磁性層と接触する部分のシールド層のみが交換異方性磁界により磁化が固定されるようになっている。反強磁性層に接していない部分のシールド層は、交換異方性磁界により磁化が固定されているシールド層からの磁界により磁化が揃えられ単磁区化されていくため、シールド層1、7全体が交換異方性磁界により磁化が固定され単磁区化される場合に比べて、軟磁性特性が低下することがない。従って、前記シールド層の困難軸方向における磁気的な可逆性は向上し、前記シールド層の透磁率は高くなる。透磁率が高くなることにより、磁気抵抗効果を有するMR層を記録ノイズから遮断するといったシールド機能が良好になり、再生特性は向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の構造を示す薄膜磁気ヘッドの拡大断面図、

【図2】本発明の第2の実施形態の構造を示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大断面図、

【図3】本発明の第3の実施形態の構造を示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大断面図、

【図4】第1の従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す拡大断面図、

【図5】第2の従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分拡大断面図、

【符号の説明】

1 下部シールド層

2 下部ギャップ層

(9)

特開平10-312513

15

16

- 3 磁気抵抗効果素子層
- 4 ハードバイアス層
- 5 主電極層
- 6 上部ギャップ層
- 7 上部シールド層 (下部コア層)
- 8 ギャップ層 (非磁性材料層)

\* 9 コイル層

10 上部コア層

12, 13 ハード膜

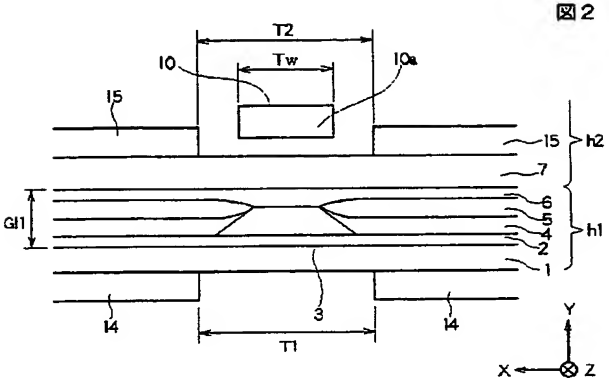
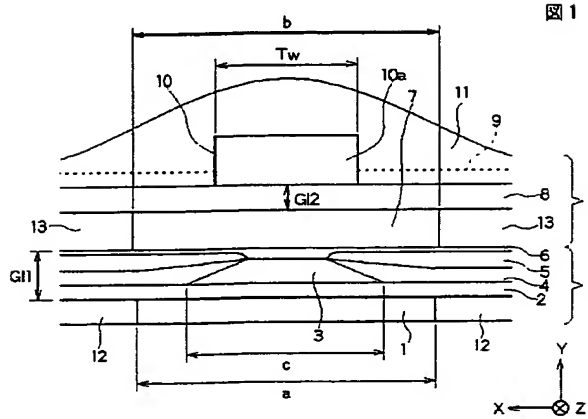
14, 15 反強磁性層

h1 読み出しヘッド

\* h2 インダクティブヘッド

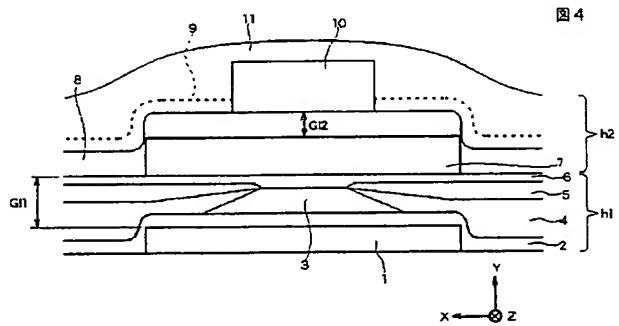
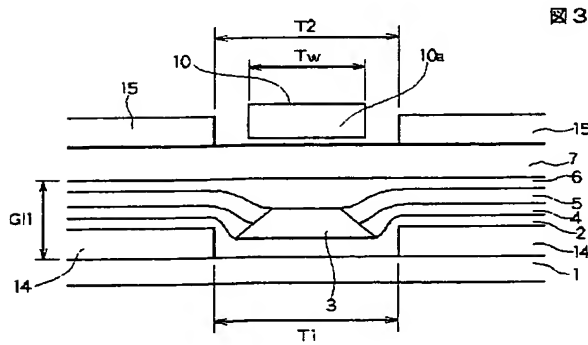
【図1】

【図2】



【図3】

【図4】



【図5】

図5

